

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-331329

(43)Date of publication of application : 02.12.1994

(51)Int.Cl.

G01B 11/24

(21)Application number : 05-123884

(71)Applicant : TECHNO AATSU KENKYUSHO:KK  
YOSHIZAWA TORU

(22)Date of filing : 26.05.1993

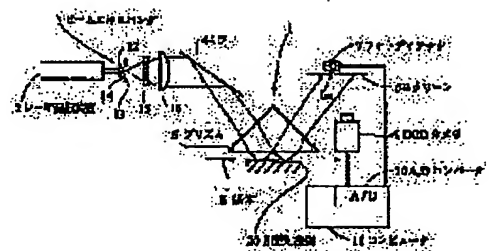
(72)Inventor : YOSHIZAWA TORU  
OTANI YUKITOSHI

## (54) NON-CONTACT THREE-DIMENSIONAL SHAPE MEASURING DEVICE

## (57)Abstract:

PURPOSE: To provide a non-contact three-dimensional shape measuring device capable of adapting a phase shift method even to an object to be measured having a rough surface.

CONSTITUTION: In a non-contact three-dimensional shape measuring device constituted so that the long side of a rectangular prism 5 is opposed to an object 20 to be measured and the light from a light source is incident on one of the short sides of the prism and obtaining the interference fringe due to the interference of the reflected light from the long side of the light incident on the rectangular prism 5 and the measuring reflected light and containing the data corresponding to the three-dimensional shape of the object 20 to be measured obtained by reflecting the light transmitted through the rectangular prism 5 by the object 20 to be measured and again incident on the long side of the rectangular prism 5, a light path length changing means changing the optical light path length between the long side of the rectangular prism 5 and the object 20 to be measured is provided. By this constitution, a phase shift method can be easily realized by changing the optical light path length of the light passing across the long side of the rectangular prism 5 and the object 20 to be measured by the light path length changing means and an interference fringe sufficiently detectable even on the rough surface of the object 20 to be measured can be formed.



JPA H06-331329

[0057] The noncontact 3-dimensional measuring apparatus 1A is characterized in that a Babinet-Soleil compensator 21 is provided between  
5 the laser oscillation apparatus 2 and the beam expander 3 so that a desired phase difference for carrying out a phase shift may be obtained; that a light collection optical system 26 is provided on  
10 the output side of the rectangular prism 5, the optical system 26 comprising a mirror 22, a deflector 23, and lenses 24, and 25; and that a  $\lambda/4$  plate 27 is provided to the bottom of the rectangular prism 5.

[0058] The Babinet-Soleil compensator 21  
15 comprises two anisotropic wedge-shaped prisms 31, and 32 that are counteracting each other, wherein a micrometer 33 is attached to the prism 32 so that a desired phase difference is obtained. By operating the micrometer 33, the prism 32 is moved; in this  
20 way, the laser light of the laser oscillation apparatus 2 is deflected to an orthogonal direction, and converted into two lights with an adjustable phase.

[0059] The  $\lambda/4$  plate 27 is for rotating a  
25 reflection state of the light by 90 degrees while passing the plate twice.

[0060] In the noncontact 3-dimensional measuring apparatus 1A, a laser light from the laser oscillation apparatus 2 is provided in a 45 degree  
30 direction with reference to the main axis (perpendicular to this paper) of the Babinet-Soleil compensator 21, the laser light is deflected such that the laser light is converted into two lights that mutually bisect at right angles, where the  
35 phase is adjustable, and the lights are provided to the rectangular prism 5 through the beam expander 3. A first part of the incident light to the

rectangular prism 5 is reflected. A second part of the incident light to the rectangular prism 5 passes through the rectangular prism 5 and the  $\lambda/4$  plate 27, is reflected by the measurement target 20, passes  
5 through the  $\lambda/4$  plate 27 again with the deflection state being rotated by 90 degrees, is reflected by the mirror 22, and serves as the measurement reflection light. The measurement reflection light and the first part of the incident light reflected  
10 by the rectangular prism 5 pass through the deflector 23, interfere with each other, a CCD camera 9 takes an image of a fringe pattern, and the 3-dimensional shape is computed by the phase shift method as described above.

15 [0061] Here, a desired phase difference can be given to the fringe pattern to be obtained by acquiring a desired phase difference in the main axis by moving the micrometer 33 of the Babinet-Soleil compensator 21.

20

[Translation of Drawing]

[Fig. 6]

25	2	LASER OSCILLATION APPARATUS
	3	BEAM EXPANDER
	4	MIRROR
	21	BABINET-SOLEIL COMPENSATOR
	20	MEASUREMENT TARGET
30	22	MIRROR
	23	DEFLECTOR
	25	LENS
	9	CCD CAMERA
35	10	A/D CONVERTER
	11	COMPUTER

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平6-331329

(43) 公開日 平成6年(1994)12月2日

(51) Int.Cl.<sup>5</sup>

G 0 1 B 11/24

識別記号

庁内整理番号

D 9108-2F

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平5-123884

(22) 出願日 平成5年(1993)5月26日

特許法第30条第1項適用申請有り 平成5年3月5日、  
社団法人精密工学会発行の「1993年度精密工学会春季大  
会学術講演会講演論文集」に発表

(71) 出願人 593099333

有限会社テクノアーツ研究所

東京都府中市寿町3丁目10番7号 藤森ビ  
ル2F

(71) 出願人 593099344

吉澤 徹

東京都府中市新町一丁目19番5号 府中第  
2住宅1-102

(72) 発明者 吉澤 徹

東京都府中市新町一丁目19番5号 府中第  
2住宅1-102

(72) 発明者 大谷 幸利

東京都青梅市長瀬四丁目1349番6号

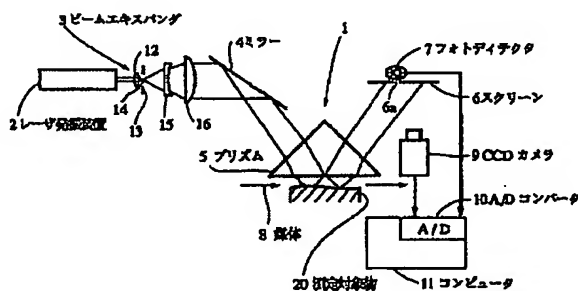
(74) 代理人 弁理士 三澤 正義

(54) 【発明の名称】 非接触三次元形状計測装置

(57) 【要約】

【目的】 本発明は、粗面等を有する測定対象物において位相シフト法を適用可能な非接触三次元形状計測装置を提供する。

【構成】 本発明は、直角プリズム5の長辺を測定対象物20に対峙させ、一方の短辺に光源からの光を入射するとともに、直角プリズム5に入射した光の長辺からの反射光と、直角プリズム5を透過して測定対象物20で反射しこの測定対象物20の三次元形状に応じた情報を含んで再び直角プリズム5の長辺に入射する測定反射光との干渉による干渉縞を得る非接触三次元形状計測装置1で、直角プリズム5の長辺と測定対象物20との間の光学的光路長を変化させる光路長変化手段を具備する。この構成により、光路長変化手段により前記長辺と測定対象物20との間を通過する光の光学的光路長を変化させて、位相シフト法を容易に実現でき、測定対象物20の粗面においても十分検出可能な干渉縞を形成できる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 直角プリズムの長辺を測定対象物に対峙させ、前記直角プリズムの一方の短辺に光源からの光を入射するとともに、直角プリズムに入射した光の前記長辺からの反射光と、直角プリズムを透過して前記測定対象物で反射しこの測定対象物の三次元形状に応じた情報を含んで再び直角プリズムの長辺に入射する測定反射光との干渉による干渉縞を得る非接触三次元形状計測装置において、前記直角プリズムの長辺と測定対象物との間の光学的光路長を変化させる光路長変化手段を具備することを特徴とする非接触三次元形状計測装置。

【請求項2】 前記光路長変化手段は、前記直角プリズムの長辺と測定対象物との間の空間の媒質の種類の変化により屈折率を変更して光学的光路長を変えるものである請求項1記載の非接触三次元形状計測装置。

【請求項3】 前記光路長変化手段は、前記直角プリズムの長辺と測定対象物との間の空間の媒質の性質の変化により屈折率を変更して光学的光路長を変えるものである請求項1記載の非接触三次元形状計測装置。

【請求項4】 直角プリズムの長辺を測定対象物に対峙させ、前記直角プリズムの一方の短辺に光源からの光を入射するとともに、直角プリズムに入射した光の前記長辺からの反射光と、直角プリズムを透過して前記測定対象物で反射しこの測定対象物の三次元形状に応じた情報を含んで再び直角プリズムの長辺に入射する測定反射光との干渉による干渉縞を得る非接触三次元形状計測装置において、前記光源からの光を位相差が調整可能な2種類の入射光に変換して前記直角プリズムの一方の短辺に送る位相差生成手段を具備することを特徴とする非接触三次元形状計測装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、光の干渉を利用した非接触三次元形状計測装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】光の干渉による非接触三次元計測装置は、二次元に拡げたレーザ光を何らかの方法で二つの光に分け、一方を参照光として基準面（一般にはミラー）で反射させ、他方を測定光として測定したい測定対象物（サンプル）で反射させ、両者を干渉させることによって測定対象物の形状に応じた干渉縞を得るものである。

【0003】このような非接触三次元計測装置の従来例を図7に示す。

【0004】図7はトワイマン・グリーン干渉計を示すものであり、測定対象物60に対してレーザ光を放射するレーザ発振装置51と、レーザ発振装置51からのレーザ光を拡げ、かつ、平行光にするビームエキスパンダ52と、位相シフタとしての参照ミラー53と、参照ミラー53を動かすためのピエゾアクチュエータ54と、前記ビームエキスパンダ52と参照ミラー53とに各々

45度の角度で対峙させた半透過ミラー55と、この半透過ミラー55からの光を集光するレンズ56と、レンズ56により集光した光を撮像するCCDカメラ57とを具備している。

【0005】前記トワイマン・グリーン干渉計において、前記レーザ発振装置51からのレーザ光はビームエキスパンダ52によって拡げられ、かつ、平行光として半透過ミラー55に入射する。半透過ミラー55は、前記平行光を二つの光に分ける。一方の光は参照光として参照ミラー53によって反射し、半透過ミラー55を反射せずに透過してレンズ56に至る。他方の光は半透過ミラー55を透過して測定対象物60に至りここで反射し、測定対象物60の形状に応じた位相差を持ち、さらに半透過ミラー55で反射する。

【0006】レンズ56に至った二つの光は干渉するとともにこのレンズ56により集光され、CCDカメラ57により撮像される。

【0007】CCDカメラ57により撮像された画像データは、図示しないコンピュータに送られ測定対象物の形状に応じた三次元情報として算出される。このとき検出される光強度Iは、 $I = I_0 \cdot \cos(\theta + \phi)$ で表すことができる。ここに、 $\theta$ は、測定対象物の高さ（凹凸）hによる位相、 $\phi$ は初期位相である。

【0008】さらに、このときの測定対象物の高さhは、 $h = \lambda / 2 \cdot \theta / 2\pi$ で表すことができる。ここに、 $\lambda$ はレーザ光の波長である。

【0009】上述したトワイマン・グリーン干渉計により得られる干渉縞の明線または暗線は、等間隔の等高線であるが、これだけではコンピュータによって、凹凸の判別と縞の間の部分の情報を得ることができない。

【0010】そこで、一般に位相シフト法が用いられる。位相シフト法はピエゾアクチュエータ54などによって参照ミラー53を既知の量移動させ（上式の初期位相 $\phi$ を変化させる、即ち、初期位相 $\phi$ が0、 $\pi/2$ 、 $\pi$ 、 $3/2\pi$ の4ステップ法が一般的である。）、測定対象物の高さに応じて変化する位相 $\theta$ を最小自乗法によって求めるものである。

【0011】一般的な4ステップ法によると、位相 $\theta$ は数1で表される関係を有する。

【0012】（数1）

$$\theta = \arctan(I_3 - I_1) / (I_2 - I_0)$$

【0013】ただし、 $I_0$ 乃至 $I_3$ は、 $\phi$ が0、 $\pi/2$ 、 $\pi$ 、 $3/2\pi$ における光強度である。

【0014】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述の従来法の位相シフトを適用したトワイマン・グリーン干渉計には、以下のような問題があった。

【0015】(1) 上述したトワイマン・グリーン干渉計においては、干渉波の等高線間隔が $\lambda/2$ ごと、つまり一般的なHe-Neレーザの場合0.3ミクロンごとに

発生するため、凹凸の激しい測定対象物の計測を行なう場合、干渉縞が密になりすぎて計測が不可能となる。

【0016】(2) 上述したトワイマン・グリーン干渉計においては、鏡面の様に十分な反射光を得ることができない測定対象物測定の場合、S/Nの悪い干渉縞となり、十分な測定精度が得にくく、最悪の場合干渉縞を得ることができず計測が不可能となる。

【0017】(3) 位相シフト法を適用する場合、位相シフタにより参照光の光路を変化させる必要がある。一般には、電歪素子であるピエゾアクチュエータを用いて参照ミラーを移動させることによって行なわれているが、干渉系によっては参照光の光路長が非常に短い場合や殆ど無い場合がおこり、位相シフト法の適用が不可能となってしまう。

【0018】そこで、本発明は、構成を改良し、粗面や数十ミクロン程度の凹凸を有する測定対象物においても高精度の計測が可能であり、なおかつ位相シフト法を適用可能とし、コンピュータによって三次元形状の算出を可能とした非接触三次元形状計測装置を提供することを目的とするものである。

【0019】

【課題を解決するための手段】請求項1記載の発明は、直角プリズムの長辺を測定対象物に対峙させ、前記直角プリズムの一方の短辺に光源からの光を入射するとともに、直角プリズムに入射した光の前記長辺からの反射光と、直角プリズムを透過して前記測定対象物で反射しこの測定対象物の三次元形状に応じた情報を含んで再び直角プリズムの長辺に入射する測定反射光との干渉による干渉縞を得る非接触三次元形状計測装置において、前記直角プリズムの長辺と測定対象物との間の光学的光路長を変化させる光路長変化手段を具備するものである。

【0020】請求項2記載の発明は、前記光路長変化手段は、前記直角プリズムの長辺と測定対象物との間の空間の媒質の種類の変化により屈折率を変更して光学的光路長を変えるものである。

【0021】請求項3記載の発明は、前記光路長変化手段は、前記直角プリズムの長辺と測定対象物との間の空間の媒質の性質の変化により屈折率を変更して光学的光路長を変えるものである。

【0022】請求項4記載の発明は、直角プリズムの長辺を測定対象物に対峙させ、前記直角プリズムの一方の短辺に光源からの光を入射するとともに、直角プリズムに入射した光の前記長辺からの反射光と、直角プリズムを透過して前記測定対象物で反射しこの測定対象物の三次元形状に応じた情報を含んで再び直角プリズムの長辺に入射する測定反射光との干渉による干渉縞を得る非接触三次元形状計測装置において、前記光源からの光を位相差が調整可能な2種類の入射光に変換して前記直角プリズムの一方の短辺に送る位相差生成手段を具備するものである。

【0023】

【作用】以下に上述した構成の各発明の作用を説明する。

【0024】請求項1記載の非接触三次元形状計測装置によれば、直角プリズムに入射した光の前記長辺からの反射光と、直角プリズムを透過して前記測定対象物で反射しこの測定対象物の三次元形状に応じた情報を含んで再び直角プリズムの長辺に入射する測定反射光との干渉による干渉縞を得るに際して、光路長変化手段により直角プリズムの長辺と測定対象物との間を通過する光(測定対象物への入射光及び測定反射光)の光学的光路長を変化させるようにしたので、位相シフト法を容易に実現でき、この場合、測定対象物の粗面においても光の入射角が垂直から斜め入射になるにしたがって反射光量が増加し、十分検出可能な干渉縞を形成することが可能となる。

【0025】また、測定対象物への入射光が、その面に垂直から斜め入射になるにしたがって、干渉縞の感度は低く、即ち、等高線間隔を大きくすることが可能になり、数十ミクロンの凹凸についても計測可能になる。

【0026】請求項2記載の非接触三次元形状計測装置によれば、前記光路長変化手段により、前記直角プリズムの長辺と測定対象物との間の空間の媒質の種類を変え(空気、圧縮ガス等)、屈折率を変更して光の通過する光学的光路長を変化させることができ、やはり位相シフト法が可能になる。

【0027】請求項3記載の非接触三次元形状計測装置によれば、前記光路長変化手段により、前記直角プリズムの長辺と測定対象物との間の空間の媒質の性質を変え(例えば気体の圧力の変更、液晶の光学的異方性の変更等)、屈折率を変更して光の通過する光学的光路長を変化させることができ、やはり位相シフト法が可能になる。

【0028】請求項4記載の非接触三次元形状計測装置によれば、位相差生成手段により前記光源からの光を位相差が調整可能な2種類の入射光に変換して直角プリズムの一方の短辺に入射するようにしても、前記直角プリズムの長辺からの反射光と、直角プリズムを透過して前記測定対象物で反射しこの測定対象物の三次元形状に応じた情報を含んで再び直角プリズムの長辺に入射する測定反射光との干渉による干渉縞を得ることができ、やはり位相シフト法が可能になる。

【0029】

【実施例】以下に、本発明の実施例を詳細に説明する。

【0030】図1は本発明の実施例にかかる非接触三次元形状計測装置1の光学系を示すものである。

【0031】図1に示す非接触三次元形状計測装置1は、測定対象物20に対してレーザ光を放射するレーザ発振装置2と、レーザ発振装置51からのレーザ光を拡げ、かつ、平行光にするビームエキスパンダ3と、斜入

射を行なうためのミラー4と、測定対象物20に長辺を対峙させた直角プリズム5と、直角プリズム5からの出射光を絞るスクリーン6と、このスクリーン6を透過した光を検出するフォトディテクタ7と、前記直角プリズム5の長辺と測定対象物20との間に送り込まれる光路長変化手段(位相シフタ)を形成する媒体(注入気体又は圧縮ガス)8と、前記直角プリズム5からの出射光を撮像するCCDカメラ9と、フォトディテクタ7の信号及びCCDカメラ9からの撮像データをデジタル信号に変換するA/Dコンバータ10と、A/Dコンバータ10の出力信号を基に測定対象物20の形状に応じた三次元画像処理を行うコンピュータ11とを具備している。

【0032】前記ビームエキスパンダ3は、レーザ発振装置2からのレーザ光を対物レンズ12、スペシャルフィルタ13のピンホール14を介して拡げ、波面収差を防ぐように組み合わせた凹レンズ15及び凸レンズ16からなるレンズ系によって平行光に変換するようになっている。

【0033】前記ミラー4は、拡げられたレーザ光を斜めに反射し、直角プリズム5への入射角、つまり測定対象物20への入射角の変化を可能としている。

【0034】図2に、前記直角プリズム5と測定対象物20との配置関係を示す。

【0035】図2において、直角プリズム5の長辺(底面)の基準面から測定対象物20までの高さhは数2のような関係をもつ。

【0036】(数2)

$$h = (1/\cos \alpha) \cdot (1/n_0) \cdot (\lambda/2) \cdot (\theta/2\pi)$$

【0037】但し、 $\alpha$ ；直角プリズム底面から測定対象物への入射角

$n_0$ ；媒体の屈折率(空気では通常1.0)

$\theta$ ；干渉縞の位相

【0038】この場合、入射角 $\alpha$ が79度とすれば、干渉縞の等高線間隔は1.66ミクロンとなり、斜入射を行わない場合の等高線間隔0.32ミクロンに対して約5倍に感度を低下させることができる。また、この入射角 $\alpha$ を調整することによって、数2に従う任意の等高線間隔を得ることが可能となる。さらに、この干渉系は分離する二つの光の間の光路長が非常に短いために、非常に安定な干渉系を形成しており、大気の影響を受けにくい非常に強い干渉系とすることができる。

【0039】上述した非接触三次元形状計測装置1において、レーザ発振装置2からのレーザ光はビームエキスパンダ3により拡げられ、かつ、平行光となってミラー4に入射する。そして、ミラー4によって一定の角度を与えられて、直角プリズム5の一方の短辺に入射する。直角プリズム5に入射した光の一部は直角プリズム5の

長辺(底面)で反射し、反射光となって他方の短辺から出射する。

【0040】また、直角プリズム5に入射した光の一部はこの直角プリズム5の長辺を透過して測定対象物20の表面に斜めに入射し鏡面のように反射して測定対象物20の表面形状に応じた情報を含む測定反射光となって再び直角プリズム5を透過し他方の短辺から出射する。

【0041】そして、前記反射光と測定反射光とが干渉して、干渉縞としてスクリーン6に投影される。スクリーン6への投影は測定対象物20への入射光が斜入射のため、実際の形状倍率が変わって検出されるのを防ぐためである。

【0042】さらに、上述した斜入射の干渉系に位相シフトを施すために、直角プリズム5の底面と測定対象物20との間に(このときの高さ(間隔)hは2mm)、一定量の二酸化炭素ガスを注入し、干渉縞の位相 $\theta$ を0,  $\pi/2$ ,  $\pi$ ,  $3/2\pi$ の4通りに変化させたときの干渉光の強度をCCDカメラ9によって撮像する。

【0043】このときの二酸化炭素の屈折率 $n_0$ は、 $n_0 = 1.00045$ であるため、干渉縞の等高線間隔には影響しない。

【0044】さらに、二酸化炭素の注入量と干渉縞の位相シフトの関係がわかっていない場合、または、精度向上のために位相シフトを正確に行うために、スクリーン6にピンホール6aを穿ち、ここからの光強度をフォトディテクタ7で検出し、この変化が位相 $\theta$ の $\pi/2$ 毎にCCDカメラ9に対してシャッタのトリガ信号を送ることも可能である。

【0045】上述のようにして撮像された4枚の画像データから、位相シフト法による測定対象物20の三次元形状がコンピュータ11によって算出される。この場合位相シフト法の感度は悪く見積っても干渉縞一周を100分割できるので、約10nmの測定感度を持つ。

【0046】尚、上述した非接触三次元形状計測装置1において、直角プリズム5の底面と測定対象物20との間の媒体8は、二酸化炭素に限らずどのようなものでも可能であるが、空気に近い屈折率を持つ場合には直角プリズム5と測定対象物20との間の間隔をより広くとらなければならない。

【0047】また、直角プリズム5の底面と測定対象物20との間に圧縮した空気を送ったり、ガスを混入し又はポンプにより空気の量を減らすことによって、直角プリズム5の底面と測定対象物20との間の屈折率を変えることによって前述と同様の位相シフトを行なうことが可能である。

【0048】さらに、媒体に液晶を用いて、この液晶に電界を印加することによって、この液晶の性質、即ち、光学的異方性を変え、屈折率を変化させることも可能である。

【0049】さらにまた、CCDカメラ9による干渉縞

の検出は、スクリーン6に投影して行う場合の他、CCDカメラ9により直接検出することも可能であるし、図示しない回転ディフューザを用いて検出することも可能であるが、これらの場合は斜入射による縦横の倍率を考慮する必要がある。

【0050】尚、上述の実施例において、直角プリズム5は一体である必要はなく、直角プリズム5の頂点から二つに分割したものをを用いてもよい。また、直角プリズム5の形状も三角形である必要はなく、例えば四角形のガラス板でもよい。

【0051】図3に測定対象物20として50×50mmのセラミックス基板を用いた場合の三次元処理画像を、図4に前記セラミックス基板の2値化処理画像を示す。

【0052】図4に示す干涉縞の等高線の間隔は1.66μmであった。

【0053】図5は、上述の実施例において計測を行った結果と従来の触針法による計測結果とを、ワイヤフレームモデルで表したものである。

【0054】二つの手法の位置の同一性を考慮すると、よく一致した結果が得られている。

【0055】測定対象物20の凹凸は10μm程度であって、普通の干涉計においては30縞程度になり縞が重なり合って計測が困難になるが、本実施例装置による場合、十分計測が可能であることが解る。

【0056】図6は本発明の他の実施例にかかる非接触三次元計測装置1Aの光学系を示すものである。尚、この実施例は位相シフトにおいて偏光を利用するようにしたものであり、前記非接触三次元計測装置1と同一の部分には同一の符号を付してその詳細な説明を省略する。

【0057】図6に示す非接触三次元計測装置1Aは、前記レーザ発振装置2とビームエキスパンダ3との間に、位相シフトを行なうために任意の位相差を得るバビネ・ソレイユ補償器21を介在させたこと、前記直角プリズム5の出射側にミラー22、偏向子23及びレンズ24、25からなる集光光学系26を配置したこと、前記直角プリズム5の底面に四分の一波長板27を配置したことが特徴である。

【0058】前記バビネ・ソレイユ補償器21は、二つの異方性を持つくさび型のプリズム31、32を互いに向い合わせて配置し、任意の位相差を得るため一方のプリズム32にマイクロメータ33を取り付けている。マイクロメータ33を操作し一方のプリズム32を移動することによってレーザ発振装置2からのレーザ光を直交する方向に偏光し、かつ、位相を調整可能な二つの光に変換するようになっている。

【0059】前記四分の一波長板27は、二度透過する光の偏光状態を90度回転させるようになっている。

【0060】図6に示す非接触三次元計測装置1Aにおいて、レーザ発振装置2からのレーザ光を、バビネ・ソ

レイユ補償器21の主軸（紙面に垂直な方向）に対して45度の方位で入射させ、このレーザ光を互いに直交する方向に偏光し、かつ、位相を調整可能な二つの光に変換して、前記ビームエキスパンダ3を介して前記直角プリズム5に入射する。直角プリズム5に入射した光の一部は反射し、一部は透過して四分の一波長板27を透過し測定対象物20で反射した後に再び四分の一波長板27を透過して偏光状態が90度回転してミラー22で反射した後、測定反射光となって直角プリズム5で反射した光とともに偏光子23を透過して干涉し、CCDカメラ9によって干涉縞が撮像され、以降は既述した場合と同様に位相シフト法による三次元形状が算出される。

【0061】この場合、位相シフトはバビネ・ソレイユ補償器21のマイクロメータ33を動かし、主軸方向に任意の位相差を得ることによって、得られる干涉縞に任意の位相差を与えることが可能となる。

【0062】

【発明の効果】以上詳述した本発明によれば、以下の効果を奏する。

【0063】請求項1記載の発明によれば、光路長変化手段により直角プリズムの長辺と測定対象物との間を通過する光の光学的な光路長を変化させるようにしたので、位相シフト法を容易に実現でき、測定対象物の粗面においても十分検出可能な干涉縞を形成することが可能な非接触三次元形状計測装置を提供することができる。

【0064】請求項2記載の発明によれば、前記光路長変化手段により、前記直角プリズムの長辺と測定対象物との間の空間の媒質の種類を変え、屈折率を変更して光の通過する光学的な光路長を変化させるようにしたので、やはり位相シフト法が可能な非接触三次元形状計測装置を提供することができる。

【0065】請求項3記載の発明によれば、前記光路長変化手段により、前記直角プリズムの長辺と測定対象物との間の空間の媒質の性質を変え、屈折率を変更して光の通過する光学的な光路長を変化させるようにしたので、やはり位相シフト法が可能な非接触三次元形状計測装置を提供することができる。

【0066】請求項4記載の発明によれば、位相差生成手段により前記光源からの光を位相差が調整可能な2種類の入射光に変換して直角プリズムの一方の短辺に入射するようにしたので、やはり位相シフト法が可能な非接触三次元形状計測装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例装置の光学系を示す構成図

【図2】本発明の実施例装置の直角プリズム部分の詳細図

【図3】本発明の実施例装置によるセラミック基板の測定結果である三次元画像を示す概略図

【図4】本発明の実施例装置によるセラミック基板の測定結果である2値化画像を示す概略図



【図5】本発明の実施例装置による計測結果と触針法による計測結果とを示すグラフ

【図6】本発明の他の実施例装置の光学系を示す構成図

【図7】従来例の光学系を示す構成図

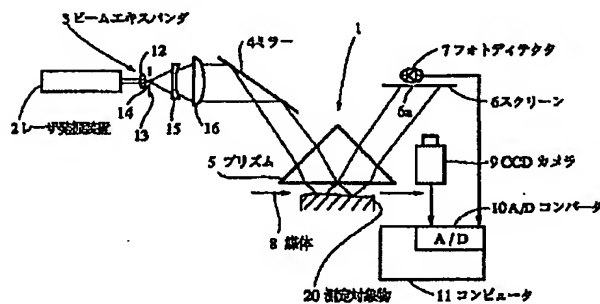
【符号の説明】

- 1 非接触三次元形状測定装置
- 1 A 非接触三次元形状測定装置
- 2 レーザ発振装置
- 3 ビームエキスパンダ
- 4 ミラー
- 5 直角プリズム

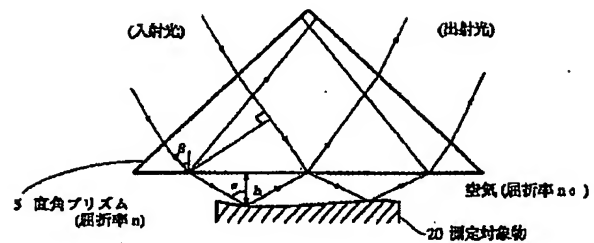
- \* 6 スクリーン
- 7 フォトディテクタ
- 8 媒体
- 9 CCDカメラ
- 10 A/Dコンバータ
- 11 コンピュータ
- 20 測定対象物
- 21 パビネ・ソレイユ補償器
- 23 偏光子
- 27 四分の一波長板

\*

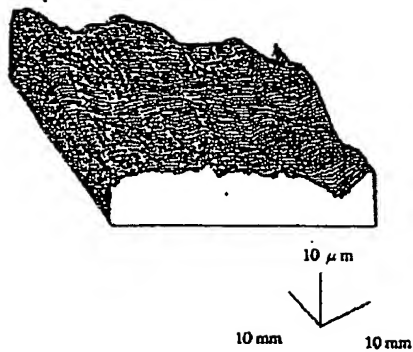
【図1】



【図2】



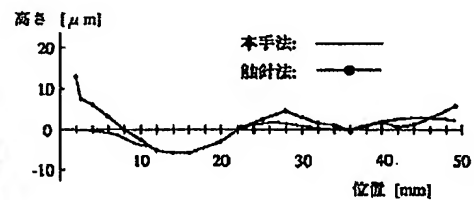
【図3】



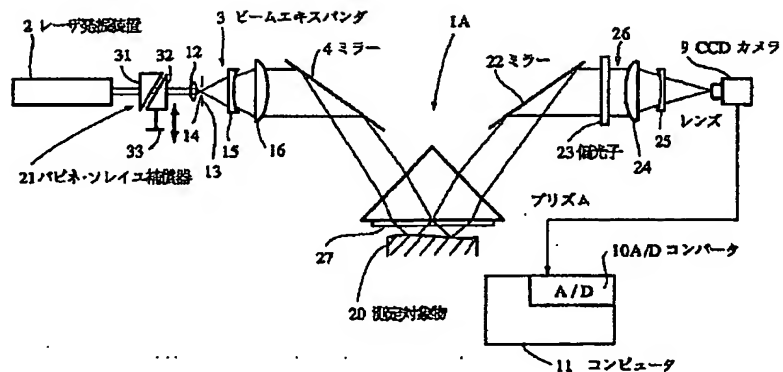
【図4】



【図5】



【図6】



【図7】

